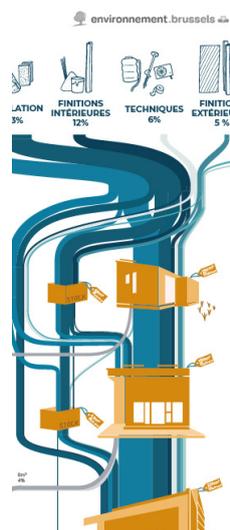




## RAPPORTAGE DE CONCEPTION DU BRIC III

### Etapes de construction de l'extension & Métabolisme du projet BRIC



Le *rapportage BRIC1/ BRIC2* et le *rapportage BRIC3* sont le résultat d'un suivi du projet BRIC de septembre 2019 à décembre 2020. Les informations diffusées sont le fruit d'une collaboration et implication de l'efp, dont :

- M. Vincent Giroul ( directeur de l'efp)
- Mme Valérie Vanderberghe ( responsable du Pôle Construction)
- M. Alain Apers ( collaborateur au Pôle Construction)
- M. Bernard Coegniet ( formateur à l'efp et menuisier en charge du suivi du chantier BRIC)
- M. Jean-Pierre De Backer ( responsable du projet BRIC 2016-2019).
- les auditeurs du Pôle Construction, et plus particulièrement les menuisiers, chefs d'entreprise.

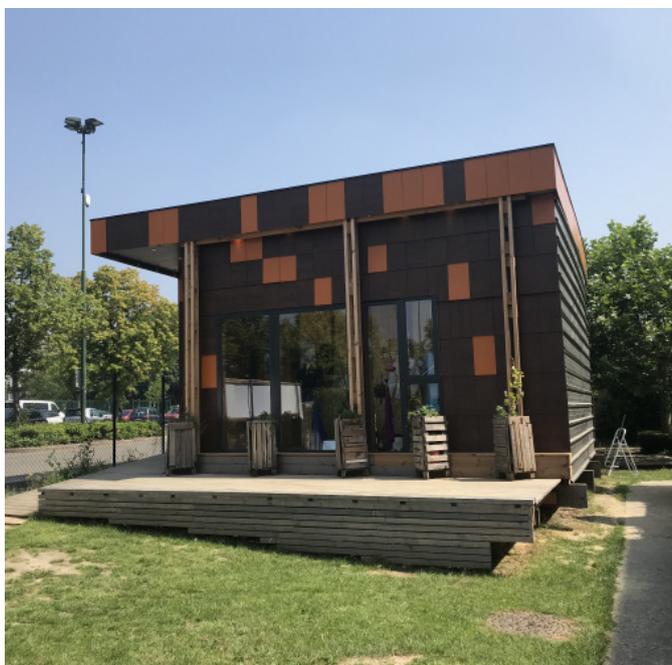
Remise le 18 décembre 2020

Coordination réalisée par Caroline Morizur - *Atelier de l'Estran* - morizurcaro@gmx.fr

Conception graphique du métabolisme du BRIC réalisée par Lara Pérez Dueñas

Ce rapport répond au marché public lancé le 31 juillet 2019 par Bruxelles-Environnement :

*Rapportage de la construction et de la déconstruction du BRIC II et de la conception du BRIC III.*



Lecture de gauche à droite:  
Façade avant BRIC2 en juin 2019  
Toiture BRIC2

# SOMMAIRE

<b>1. La conception du BRIC3.....</b>	<b>3</b>
1.1_ Le contexte de la construction.....	3
1.2_ Les plans du BRIC3.....	5
1.3_ Les plans de structure.....	6
<b>2. La construction du BRIC3: apprentissage .....</b>	<b>6</b>
2.1_ Extension de la structure: colonnes, caissons .....	6
2.2_ Isolation: 3 exemples de mise en oeuvre dans la phase BRIC3.....	9
2.3_ Percements: châssis et vitrages.....	10
2.4_ Autres détails : Parois acoustiques et toitures.....;	12
<b>3. Le métabolisme du projet BRIC.....</b>	<b>15</b>
3.1_ Notice explicative.....	15
3.2_ Illustration du Métabolisme du projet BRIC.....	16
3.3_ Résultats .....	18

## Annexe:

- A\_ Inventaire des matériaux du projet BRIC
- B\_ 2 versions d'illustrations du métabolisme (format imprimable et format numérique)
  - une version détaillée
  - une version synthèse

Les annexes ci-dessus sont des documents hors du dossier.



# 1. La conception du BRIC3

## 1.1\_ Le contexte de la conception et de la construction

Dans la continuité du projet de construction BRIC1 et BRIC2; la troisième version du BRIC est conçue sur le principe d'une architecture réversible. Le BRIC3 est une extension du BRIC2. Ce volume s'est lui-même adapté à l'évolution du projet depuis 2016.

Le projet BRIC3 est réalisé d'octobre 2019 au printemps 2021. La pandémie du COVID-19 a stoppé les travaux de longs mois. La livraison BRIC3 est prévue en mai 2021.

Comme dans les précédentes versions, les élèves en formation et leurs formateurs de l'efp sont parties prenantes au démontage, adaptation des éléments et re-construction du BRIC.

L'efp est le maître d'ouvrage grâce à la collaboration des formateurs et élèves. Les entreprises extérieures interviennent aux étapes nécessitant un agrément, ou bien si une législation particulière est en vigueur : mise en route de la PAC, remplacement des fluides de l'unité extérieure de la climatisation. Environ une cinquantaine d'élèves en formation a travaillé sur le projet BRIC3, dont 25 menuisiers pour les travaux d'ossature bois, isolation et pose d'éléments de finition intérieure.

Les formations : *plombier-chauffagiste* et *peinture* participeront à l'installation des équipements intérieurs (prolongation de la gaine de ventilation, mise en peinture des châssis, pose de parquet).



Démontage de la terrasse et installation du gitage intermédiaire  
Façade Nord

## 1.2\_ Les plans de l'extension

La nouvelle affectation du BRIC3 est un *studio de radio*. L'efp dispose d'une formation *animateur de radio*. Les futurs élèves pourront s'exercer dans le BRIC3.

Le bureau Karbon' a réalisé les plans du BRIC3. Le plan du REZ est identique au BRIC2; les locaux techniques et l'entrée principale restent aux mêmes emplacements. La rampe d'accès à l'entrée est conservée. Les nouveaux défis de BRIC3 sont:

- d'une part: réaliser une nouvelle connexion «fluide» en terme de spacialité; et intégrer l'extension à l'existant, en réemployant au maximum les matériaux disponibles dans le stock BRIC1 et BRIC2.
- d'autre part: créer des parois acoustiques avec des matériaux issus du réemploi.

Le démontage du BRIC2 est très limité. Seuls les châssis et vitrages de la façade Nord ont été démonté, redimensionné et ré-installé sur la façade de l'extension. Ce démontage a duré 3 jours. Contrairement à la phase entre BRIC1 et BRIC2 durant laquelle, l'entièreté du bâtiment avait été démonté en 16 jours, ce chantier BRIC3 a privilégié un travail de montage et d'adaptation des nouveaux éléments.

Enfin, BRIC3 prévoit l'emplacement du studio d'enregistrement dans l'extension.

Plan de la toiture  
charpente

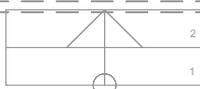
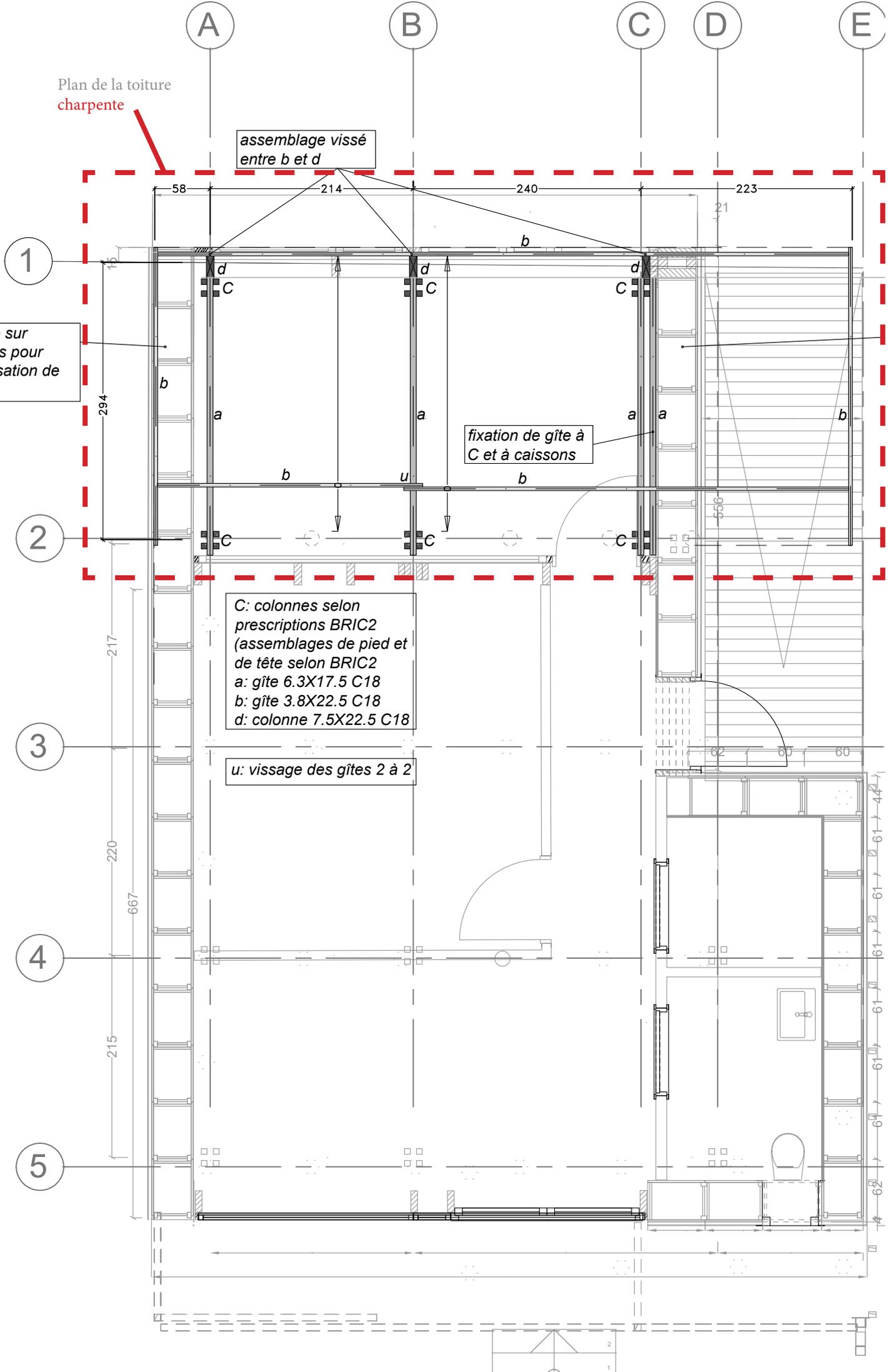
assemblage vissé  
entre b et d

sablère sur  
caissons pour  
solidarisation de  
toiture

fixation de gîte à  
C et à caissons

C: colonnes selon  
prescriptions BRIC2  
(assemblages de pied et  
de tête selon BRIC2  
a: gîte 6.3X17.5 C18  
b: gîte 3.8X22.5 C18  
d: colonne 7.5X22.5 C18

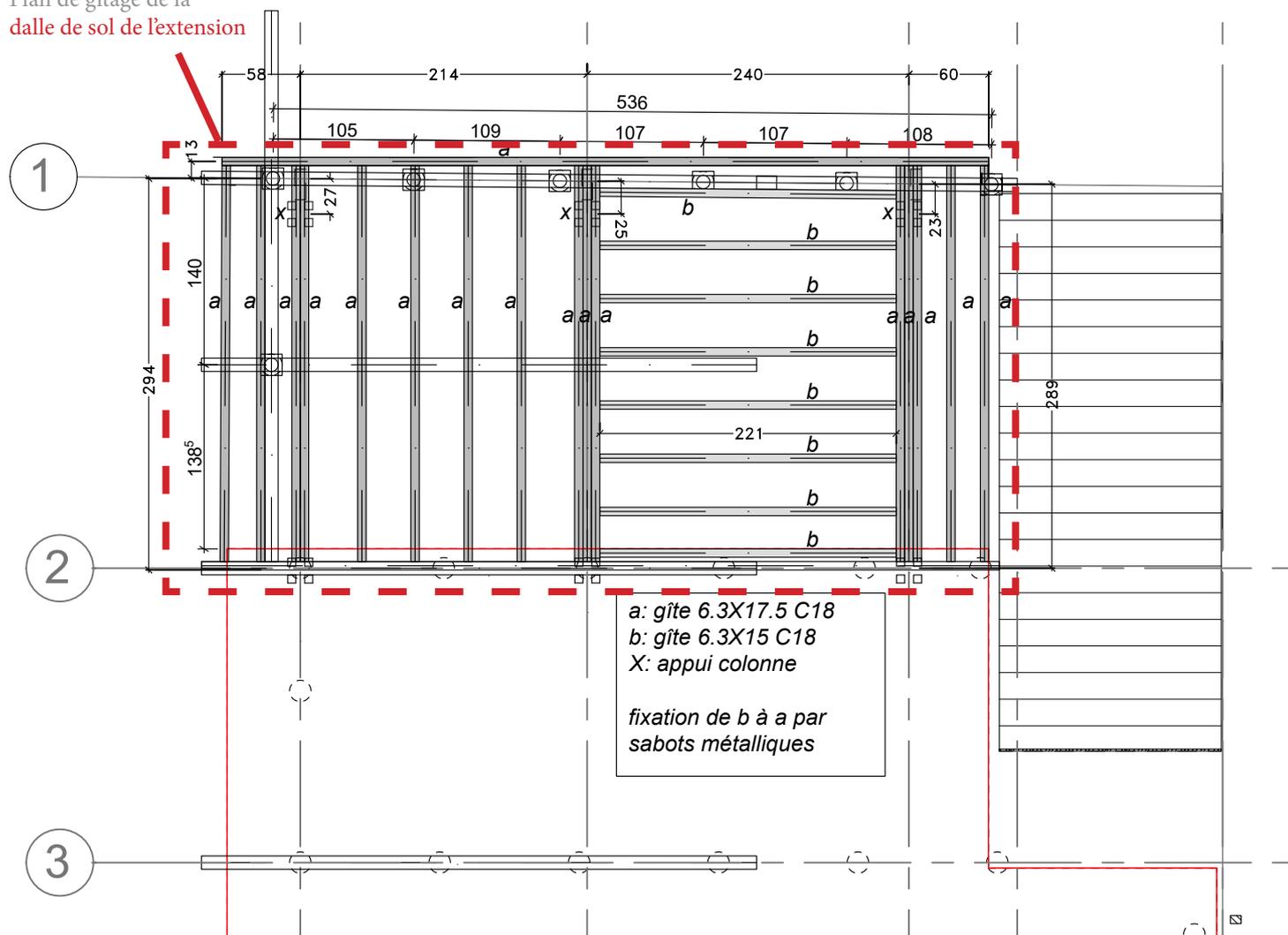
u: vissage des gîtes 2 à 2



### 1.3\_ Les plans de structure

Le bureau Alter a produit les plans de structure de l'extension. Le principe constructif est identique au BRIC1 et BRIC2: les colonnes préfabriquées en atelier portent un gîte. 25 caissons auto-portants, non-utilisés dans le BRIC2, construisent les murs extérieurs. Les fixations de l'ossature sont assurées par vissage, tandis que les caissons sont emboîtés. La rampe d'entrée est surplombée par un porte-à-faux.

Plan de gitage de la  
dalle de sol de l'extension



### L'ossature pré-existante

En prévision de l'extension du BRIC, et afin de rendre le bâtiment plus adaptable et modulable, une ossature de dalle de sol porteuse avait été installée en 2017, dont:

- 8 vis de fondations et;
- un gitage ( bois Douglas 10x30).

De nouveaux plots de fondations ont complété les vis de fondations déjà présentes sous la terrasse pré-existante. Cette ossature est la base de l'extension. La terrasse visée avec un lattage de bois ( thermoWood) a été démontée. Ce lattage est réemployé en panneaux de finitions extérieurs.



Vue sur les gîtes installés en 2017



# Les colonnes réversibles



# allongement de durée de vie de la matière

BRIC1



TECHNIQUE

Système low-cost: (lattage en pin des Landes/ vissage/ bois de réemploi pour les croisillons). Montage rapide

FOURNITURE

Fourniture achetée 1 fois en 2016, montée en 2017. Env. 12m3 de bois utilisé pour les quadruples colonnes -soit 19 colonnes-

BRIC2



Amélioration du système constructif de la colonne: évite de flambement en doublant «les croisillons»

Fourniture achetée 1 fois en 2016, montée en 2017, démontée et réemployée en 2018. Env. 12m3 de bois -soit 21 colonnes-

BRIC3



Grande adaptabilité des colonnes. Elles sont raccourcies et s'adaptent à la nouvelle hauteur de l'extension.

Fourniture achetée 1 fois en 2016 et réemployée 2 fois. Env. 12m3 de bois -soit 27 colonnes-

## Difficulté

-augmentation du temps de travail sur les bois (besoin d'expertise)

- validation de chaque test technique par le bureau en stabilité; augmente le temps dédié à l'étude

aucune

## Apprentissage

- colonnes réemployables 3 fois (certaines ont été démontées, redécoupées)  
-augmentation de la durée de vie du bois

- amélioration du système grâce au Bouwteam (chaque partie apporte son expertise)

- fourniture économique

# Les caissons

## Préfabrication + Démontage = Adaptabilité

BRIC1



TECHNIQUE

Système de préfabrication et standardisation à bas coût

FOURNITURE

Fourniture achetée 1 fois en 2016, montée en 2017.  
Env. 43m<sup>3</sup> de murs extérieurs  
-soit 111 caissons-

BRIC2



Nouvelle fabrication d'une partie des caissons + réemploi de caissons existants (aucune chute de fabrication)

Env. 64,5m<sup>3</sup> de murs extérieurs  
-soit 120 caissons-

BRIC3



Réemploi de caissons pour créer un nouveau volume

Env. 74m<sup>3</sup> de murs extérieurs  
-soit 145 caissons-

### Difficulté

- Soins nécessaires à la préfabrication, et durant toutes les manipulations du caisson.

- temps de recherche et étude longs afin d'assurer un dimensionnement utilisable pour les 3 bâtiments BRIC

- prévoir un stock de fournitures permettant la réversibilité

### Apprentissage

- colonnes réemployables 3 fois
- augmentation de la durée de vie du bois

- système reproductible

- fourniture à faible coût

Le démontage et la préfabrication soignés assurent l'allongement de la durée d'utilisation du produit. Par exemple, certains caissons BRIC n'ont pas pu être réutilisés dans le BRIC3 car l'assemblage des panneaux était négligé; et/ou l'humidité du stockage avait déformé le caisson. Néanmoins ces déchets sont très limités, et représentent 7m<sup>3</sup> de déchets pour le BRIC1 (soit 3% du volume de fournitures achetées en 2016); et 9m<sup>3</sup> de déchets pour le BRIC2 (soit 4% du volume de fournitures achetées en 2016).

## 2.2\_ Isolation: 2 exemples de mise en oeuvre dans la phase BRIC3

3 isolants ont été testés dans la construction du BRIC3:



L'exemple de l'isolant en fibre de lin est utilisé dans la réalisation des parois acoustiques. Cette installation est prévue en janvier 2021.

### La laine de bois

La mise en oeuvre inadaptée avait été relevée dans le rapportage BRIC2.

Les premières étapes de chantier BRIC3 sont consacrées au remplacement des panneaux d'isolation de laine de bois accessible par les façades Nord et Sud du bâtiment.

### Remplacement localisé de la laine de bois

Pose d'isolants dans la toiture plate du BRIC2



laine de bois neuve



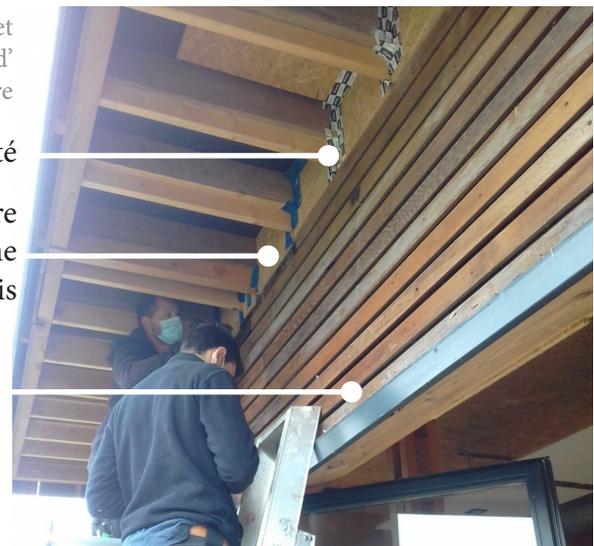
L'isolation placée est d'une épaisseur de 30cm, soit 2 matelas de laine de 14cm (pose non-croisée).

Dépot de l'isolation et fermeture des caissons d'isolation de toiture

installation des tapes d'étanchéité

fermeture des caissons de toiture suite au remplacement de la laine de bois

lattis de cèdre



### Apprentissage

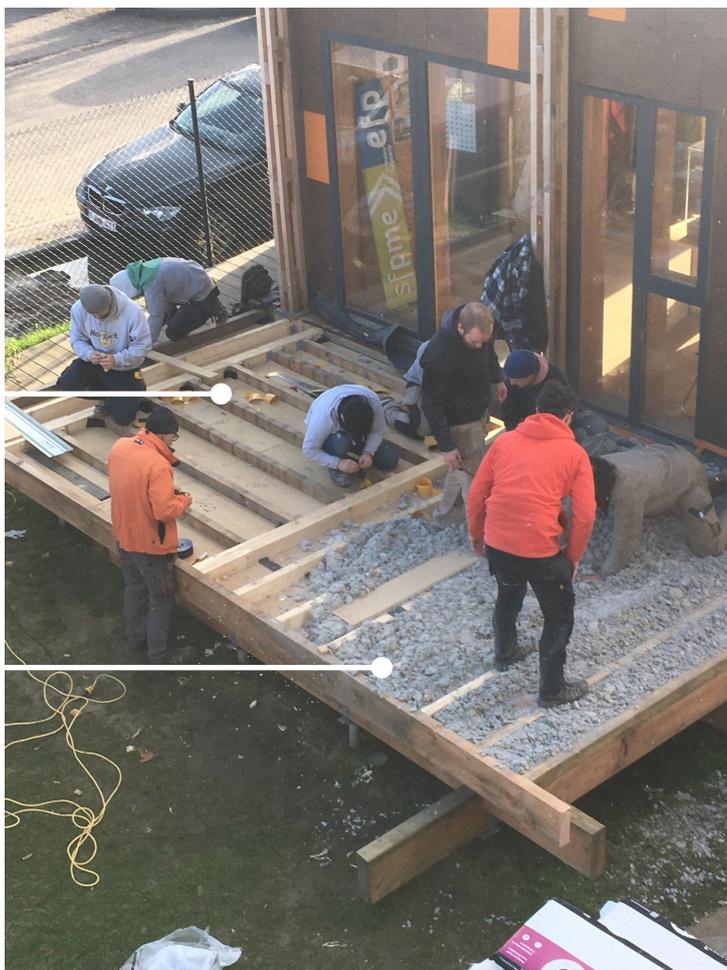
Accès à la zone de travail facilité car le bardage extérieur est visé. L'accès au espace technique et zone isolée par l'extérieur.

## Ouate de cellulose

Pose de la ouate de cellulose dans la dalle de sol de l'extension.  
La ouate est neuve, issue du stock de fourniture du BRIC1

plancher OSB

Ouate de cellulose, issue du stock de fourniture du BRIC1



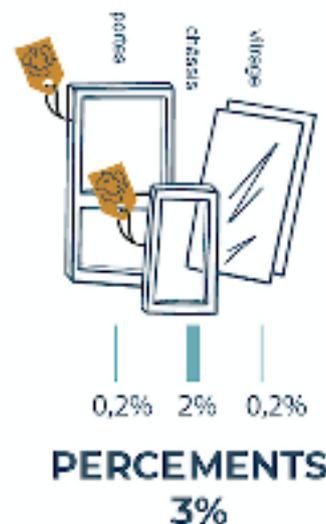
### 2.3\_ Percements: châssis et vitrages

Les châssis sont en bois. Les transformations ont été réalisées dans les ateliers de menuiserie de l'efp.

La part du volume des *châssis* et *vitrage*, en matériaux neufs ou de réemploi est de 3% dans le projet BRIC. Bien que cette part soit faible, le taux de renouvellement des vitrages est important. Moins de 40% des vitrages présents dans le BRIC1 sont encore utilisés dans le BRIC3.

Les vitrages ayant le mieux résistés aux manipulations successives sont les vitrages de petites dimensions.

Cependant, le déplacement des châssis et vitrages de la façade Nord du BRIC2 (la vitrine) vers le nouveau mur de l'extension est réussi.



### Apprentissage

Les châssis en bois se réadaptent facilement sur site.

### Difficulté

La performance énergétique n'est pas contrôlée (aucune mesure de contrôle n'a été réalisé).

## Réadapter les châssis

Le châssis de réemploi est découpé pour adapter la hauteur. (vitrage en attente)

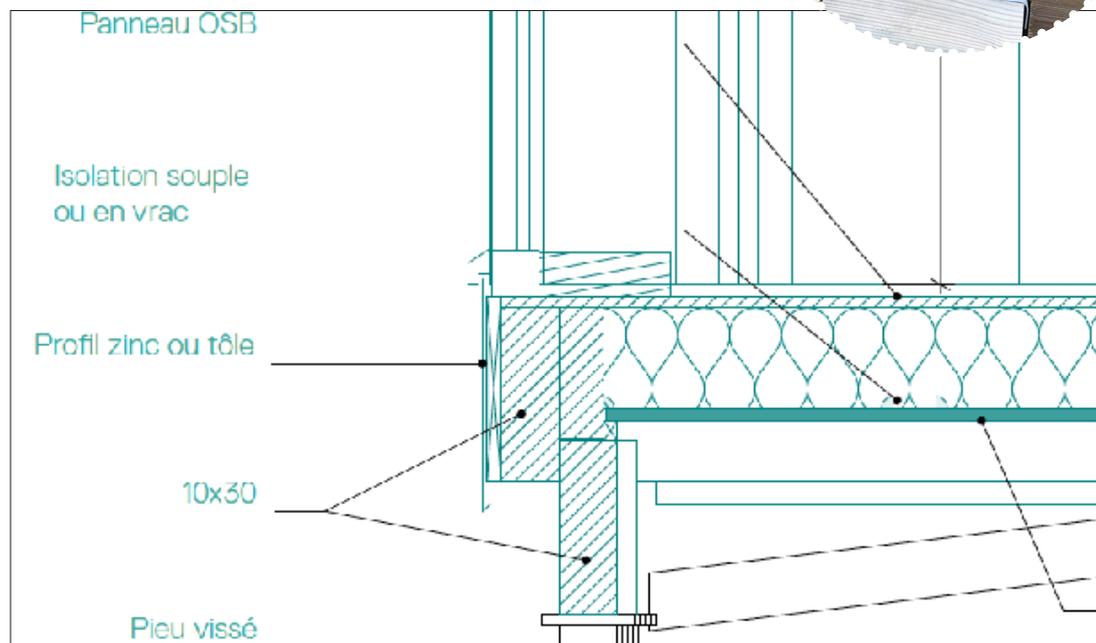


Façade Nord ( novembre 2020)

La pièce d'appui et le casse-goutte sont fabriqués sur-mesure.

Un compri-bande assure l'étanchéité

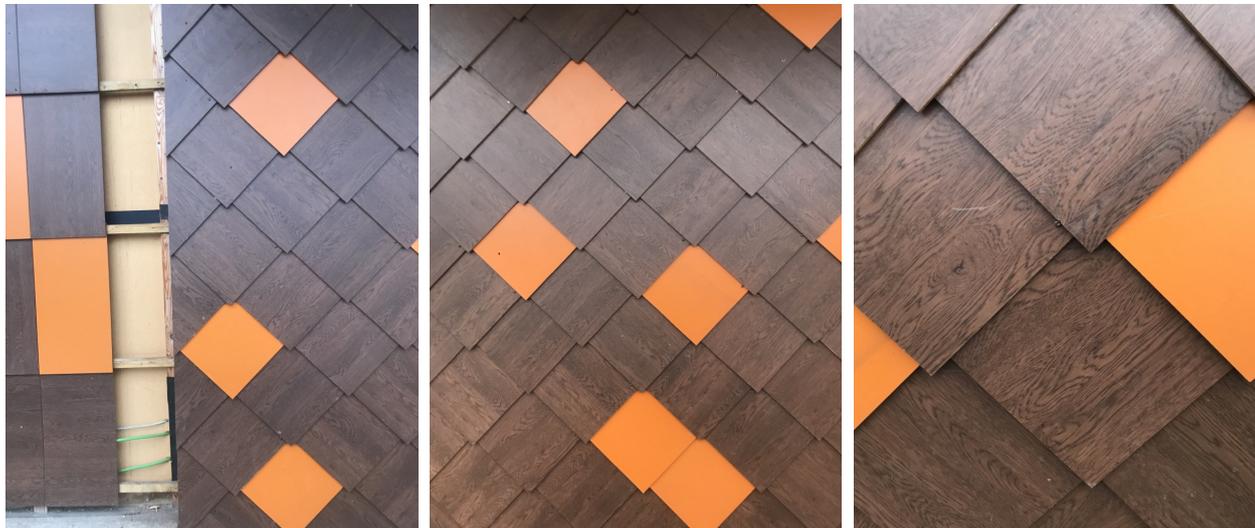
- A** Châssis et vitrages construits pour le BRIC2
- B** Zone en attente de 2 petits châssis neufs construits sur-mesure
- C** Châssis réadapté, le double-vitrage est neuf
- D** Châssis et vitrages construits pour le BRIC1



Coupe / raccord entre la fenêtre et la dalle de sol de l'extension

## Panneaux de finition extérieure

Les panneaux de finitions Rockpanel ont subi 3 mises en oeuvre différentes depuis 2017: *La pose en écaille* est installée sur le nouveau volume BRIC3; tandis que la pose de panneaux visés (en format Portait) représente le volume du BRIC2. Les vis Rockpanel fournies en 2017, sont réemployées dans cette dernière phase.



Raccord de panneaux de finitions en cours (décembre 2020)

Montage en cours - façade Est-



### Apprentissage

Les panneaux sont manipulables facilement, résistent à la manutention malgré quelques rayures. Les vis Rockpanel sont réemployées 2 fois.

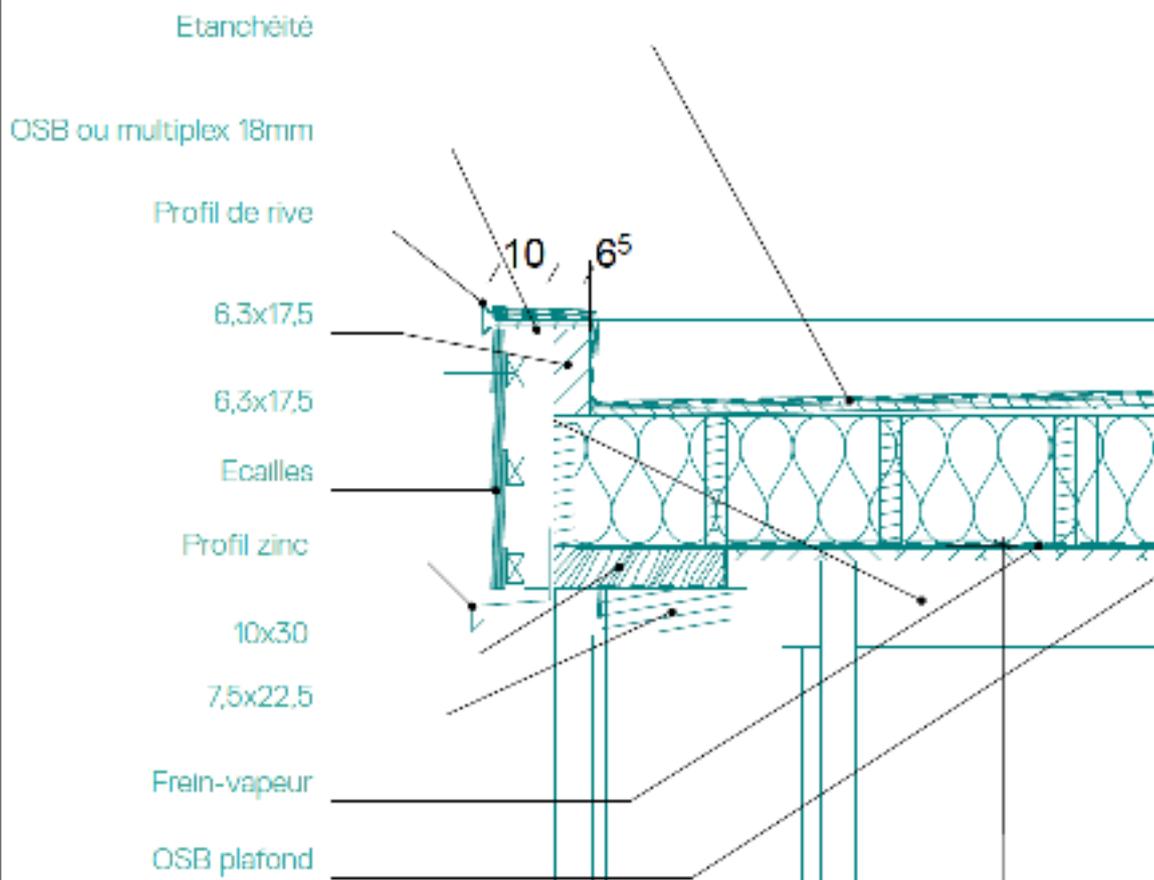
### Difficulté

Malgré un dimensionnement de la découpe des panneaux Rockpanel dès la conception, le résultat est mitigé en dernière phase. L'alignement des éléments n'est pas facile, les vis se chevauchent. Le procédé de pose est correcte, mais la mise en oeuvre demande beaucoup de soin.

## Toiture: membrane VAEPLAN

La couverture de l'extension BRIC3 est une membrane synthétique pour l'étanchéité des toitures-terrasses de la marque VAEPLAN (Derbigum). La toiture du volume principale est réalisée en EPDM.

Coupe / raccord de la  
fenêtre/ acrotère



Vue sur la toiture-terrasse de l'extension



Détails des solins (raccord panneaux de finitions/ solins/ Vaeplan)

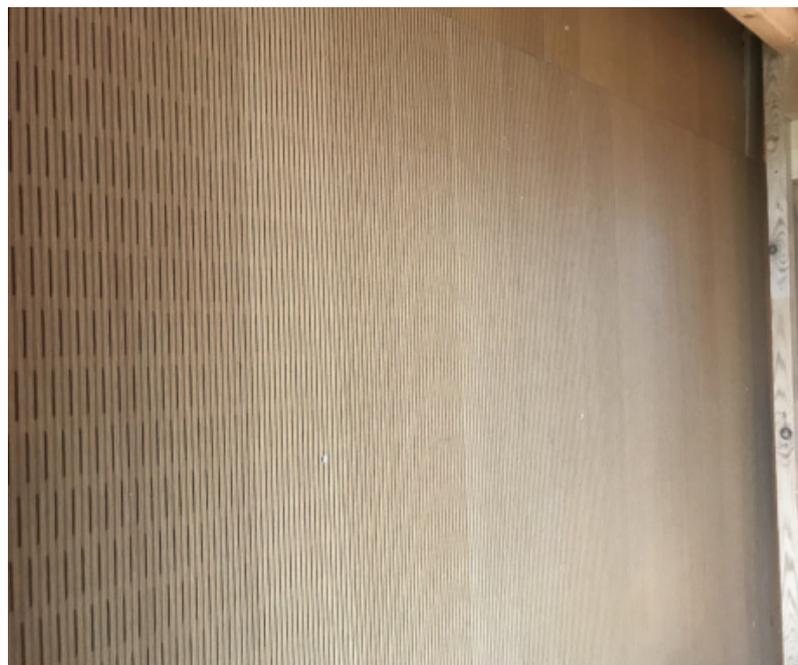
### Apprentissage

Ce type de membrane synthétique n'est pas réversible.

### Difficulté

Le produit s'adapte parfaitement à la surface. La membrane est déroulée en bande, puis le laie est collé à chaud. Cependant, un primer couvre la surface de pose. Au démontage, les osb de la toiture ne seront pas récupérables. (Ici, le primer n'a pas été installé).

## Paroi acoustique



Stock de lattes acoustiques  
Assemblage des lattes  
Installation sur les murs (vue intérieure de l'extension)  
Détails de finitions des panneaux acoustiques

Les lattes de panneaux acoustiques proviennent de la Banque Nationale Belge, fournis par Rotor. Ce sont des panneaux de réemploi. Les lattes sont assemblées et vissées sur des contre-lattes, puis fixées directement sur la face en OSB des murs en caissons.

### Apprentissage

Assemblage facile et rapide. Le revêtement intérieur est soigné.

### Difficulté

Peu de traçabilité des lattes acoustiques (absence de fiche technique, aucun mode de pose). Aucun test acoustique ne précise la performance du produit.

### 3. Le métabolisme du projet BRIC

#### 3.1\_ Notice explicative

\_ l'approche et le message de l'illustration : le métabolisme du projet BRIC

L'illustration du métabolisme du projet BRIC représente les flux de matériaux de construction utilisés de 2016 à 2020.

Sur base d'un inventaire détaillé de l'ensemble des matériaux mis en oeuvre dans les 3 bâtiments BRIC, les flux de *matériaux entrants, en stock* ou *sortants* sont représentés en m<sup>3</sup> et en pourcentage.

Le propos de l'illustration est axé sur la circulation des flux de matières.

Le graphisme et l'épaisseur des flux de matériaux sont «à l'échelle», et proportionnels au volume total des matériaux utilisés.

Une *version détaillée du métabolisme* présente l'ensemble des flux de matériaux, des notions de coûts sont indiqués; tandis qu'une *version simplifiée* synthétise ces flux par grands postes de travail.

Ces versions sont publiables en version poster ou numérique.

\_ la méthode de calcul

L'ensemble des éléments du projet BRIC a été inventorié. Cet inventaire concerne tous les postes de la construction. Ce sont les postes situés au sommet du métabolisme:

- structure bois;
- isolation;
- finitions intérieures;
- percements (chassis, vitrage, porte);
- finitions intérieures;
- divers ( substrat pour le lagunage, plantes, escalier);
- techniques (gestion des eaux, visserie et quincaillerie, HVAC, électrotechnique, étanchéité à l'air);

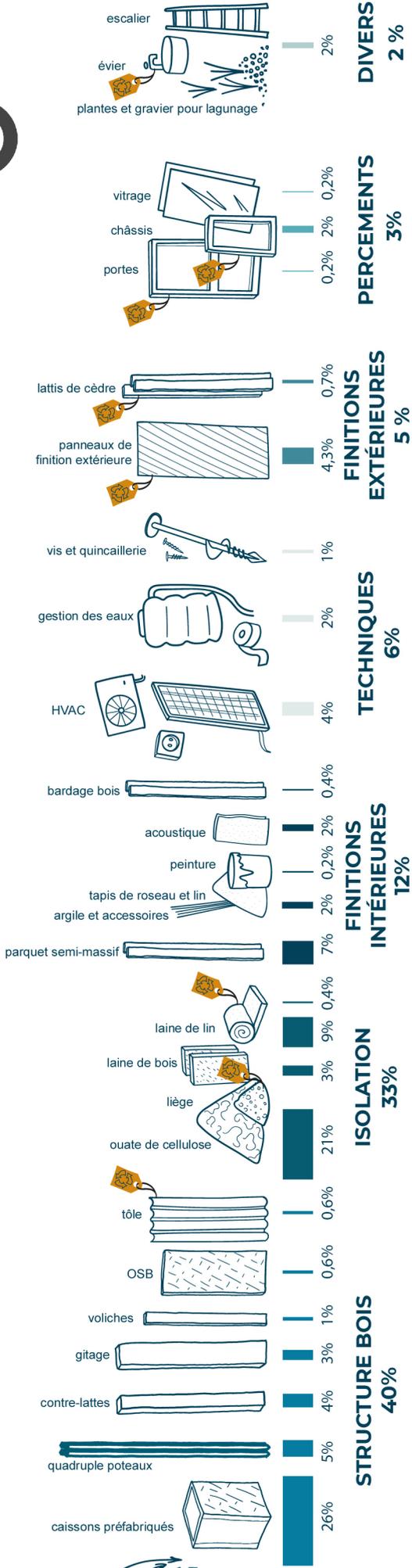
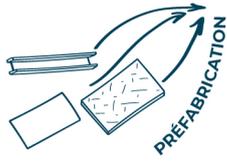
Tous les matériaux ont été transformés en m<sup>3</sup>. Le calcul des volumes des matériaux a été réalisé à partir des fiches techniques de chaque élément.

Le flux représente le volume et tente de matérialiser le déplacement des matériaux changeant de statut: *matériaux entrant - IN-* , *sortant -OUT-* ou en *stockage - STOCK-*. Le graphique se lit dans un esprit de mouvement de matériaux. Le calcul n'est pas un calcul d'impact environnemental comme dans le logiciel SIMAPRO. D'autre part, la version 2020 du logiciel TOTEM ne caractérise pas les matériaux selon leur volume. L'étude des fiches techniques grâce aux dimensions de chaque produit à donner le volume de chaque élément. Le volume est perçu dans une approche de stockage.

Etant donné qu'un des problèmes d'un chantier circulaire est la gestion des stocks, et des flux entrant-sortant. Le message porte sur le besoin de stockage pour déconstruire-entreposer-ré-installer l'élément dans le bâtiment. Le bâtiment étant considéré comme une banque de matériaux, le facteur «stockage» est essentiel afin de pointer les mouvements de matériaux influençant la gestion et suivi de chantier, au-delà de l'impact environnemental.

Néanmoins, les matériaux issus du réemploi (matériaux collectés entre 2016 et 2019) n'ont pas de FT. Les références employées ont été dans ce cas, ceux de produits neufs équivalents.

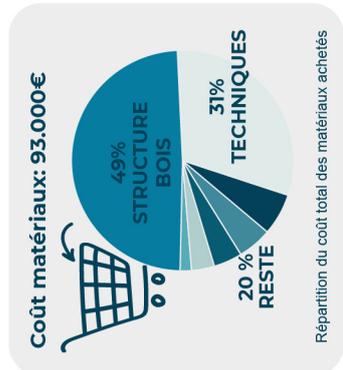
Par exemple, les estimations des volumes concernant le bois sont réalisées à partir de la base de données Houtinfo Bois.be ( calcul basé sur la masse volumique moyenne selon l'essence de bois). Si l'essence de bois n'est pas représentée, l'essence s'y rapprochant le plus a été choisie. Par exemple, la FT du lattis de cèdre du projet BRIC n'est pas connu, et l'essence de bois n'est pas présente dans le catalogue de Houtinfo Bois, l'essence choisie a été de Westerm Red Cedar, soit 370kg/m<sup>3</sup>.

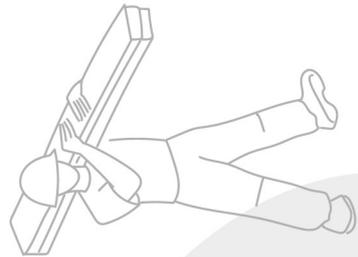


matériau d'origine de réemploi ou recyclée

**2016**  
Phase de conception: 1 an (permis d'urbanisme, étude et recherche des matériaux)

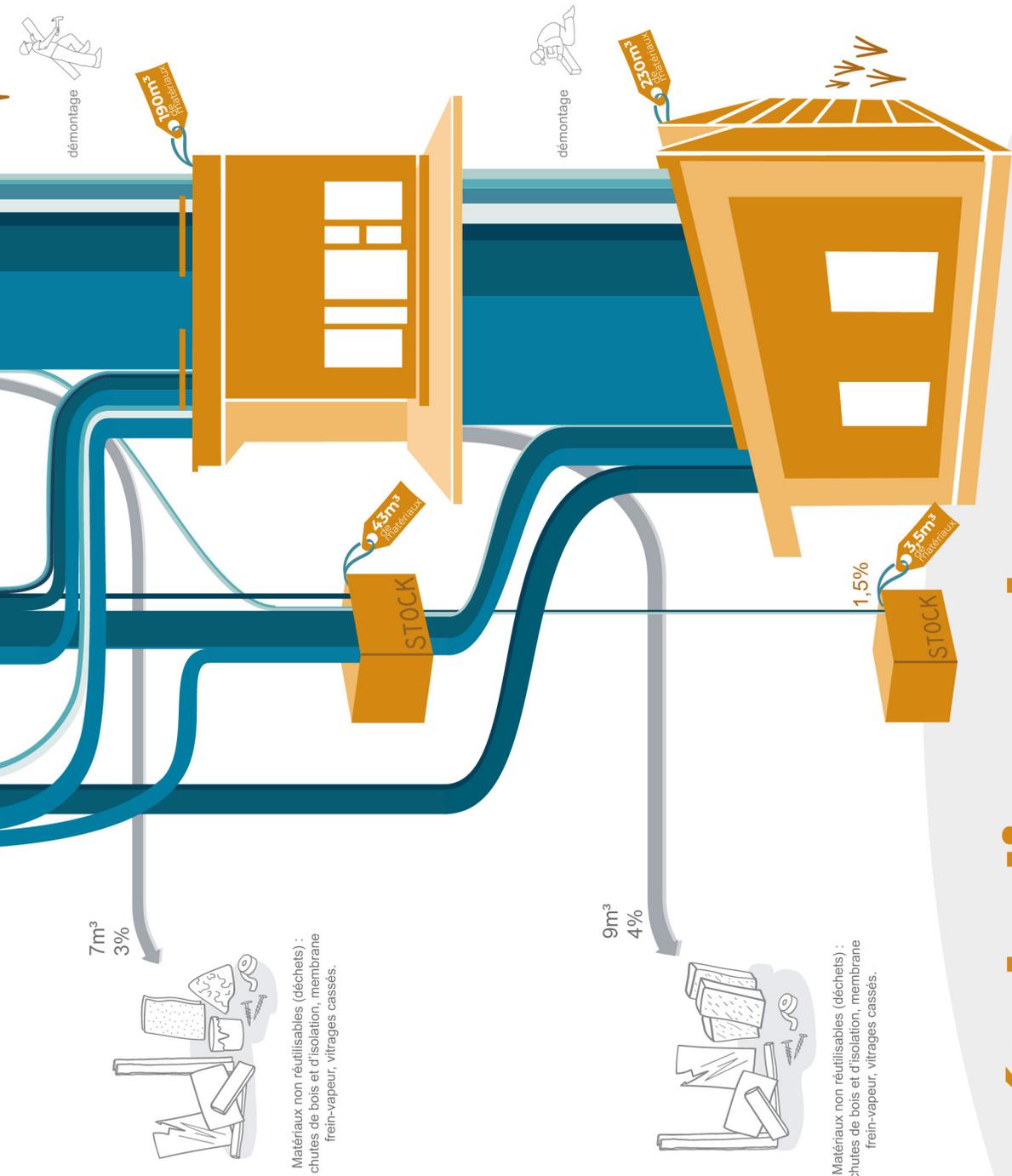
**2017-2018**  
**BRICI**  
AFFECTATION: BUREAU  
**55 m<sup>2</sup>**  
Investissement: 77.342€ (1.406€/m<sup>2</sup>)  
Montage: 8 mois  
Démontage total : 14 jours continus





# métabolisme du projet BRIC

représentation des flux de matériaux entrants et sortants du bâtiment BRIC1, BRIC2 et BRIC3 de 2016 à 2020



**2018-2019**

**BRIC2**

AFFECTATION: SHOWROOM

**60 m<sup>2</sup>**

Investissement: 9.903€ (165 €/m<sup>2</sup>)

Montage: 8 mois

Démontage partiel: 3 jours

**2019-2021**

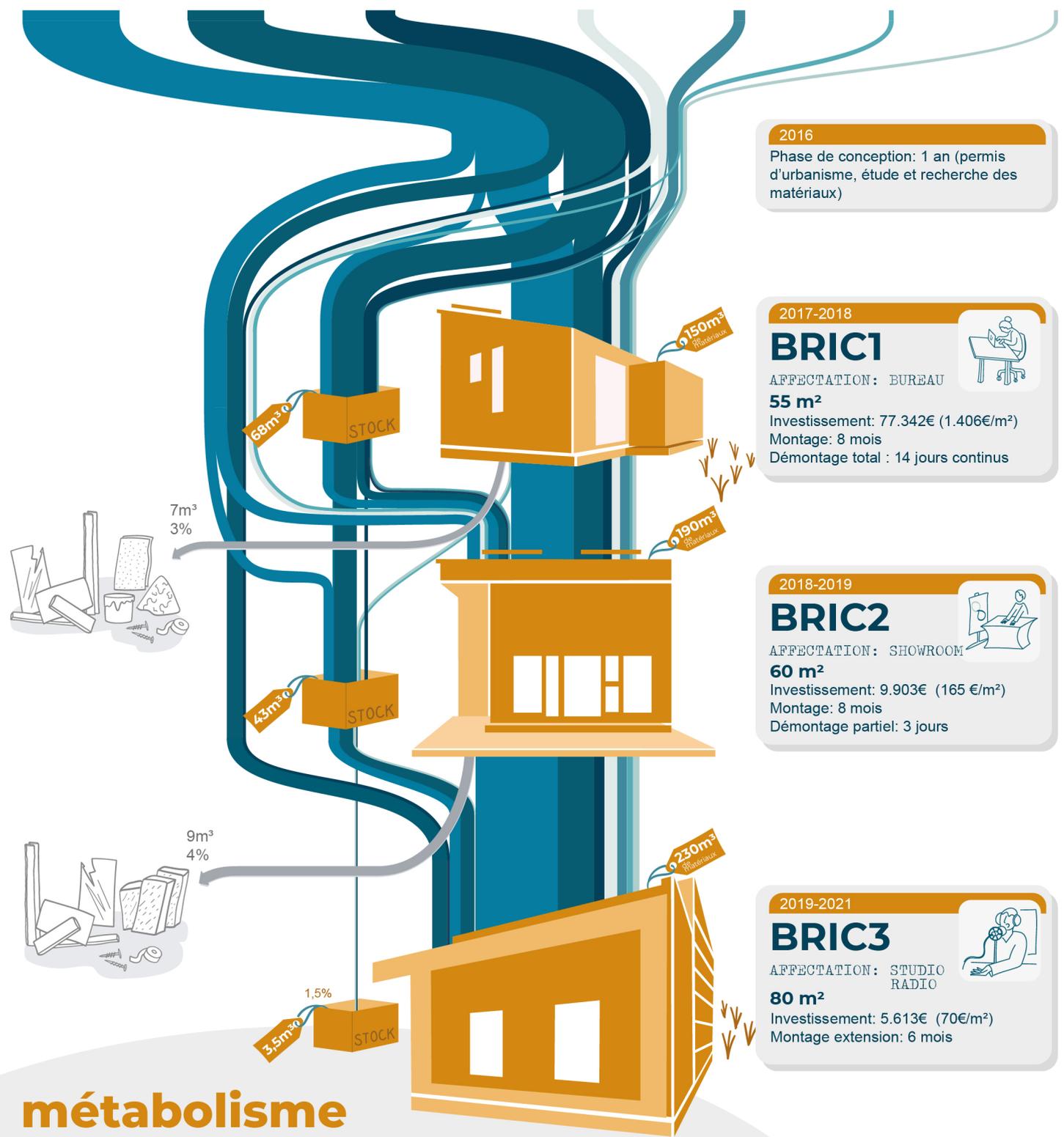
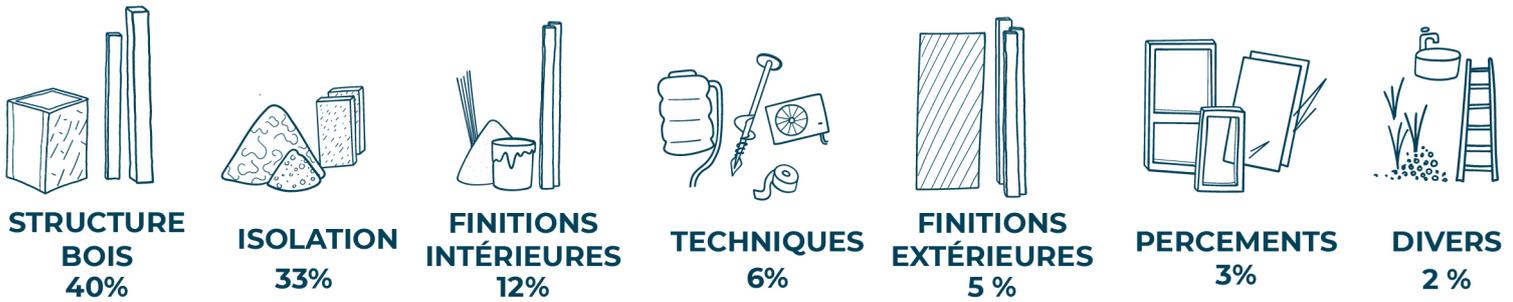
**BRIC3**

AFFECTATION: STUDIO RADIO

**80 m<sup>2</sup>**

Investissement: 5.613€ (70€/m<sup>2</sup>)

Montage extension: 6 mois



# métabolisme du projet BRIC

représentation des flux de matériaux entrants et sortants du bâtiment BRIC1, BRIC2 et BRIC3 de 2016 à 2020

### 3.3\_ Résultats

#### \_ Comment lire les flux du métabolisme?

Dans la *version détaillée* du métabolisme, le sommet du métabolisme présente un inventaire des matériaux utilisés dans le BRIC répartis en 7 postes de matériaux. Chaque fourniture dispose d'un pourcentage, c'est la part ( le volume occupé du matériel dans le volume global du projet BRIC sur les 4 années).

Quatre grands flux se distinguent dans le métabolisme:

- *Les flux «entrants»* dans le BRIC1, 2 et 3: ils représentent la majorité du volume. Ce sont les matériaux utilisés en continu dans le BRIC, c'est-à-dire: les caissons préfabriqués (26% des matériaux);
- *Les flux «intermédiaires»*: ce sont les matériaux achetés en 2016. Par exemple dans le poste *Isolation*: la ouate de cellulose (21% du volume global du projet), une partie du flux se dirige vers le BRIC1, l'autre vers le Stock BRIC1, duquel se poursuit un flux vers le BRIC2, mais aussi un flux se prolonge vers le Stock BRIC2, pour être ensuite installé dans le BRIC3.
- *Les flux «sortants»*: ce sont les matériaux usagés, cassés, non-utilisables ( matérialisés par la flèche grise). Ces flux sortent des bâtiments BRIC car leur cycle de vie s'est arrêté après le démontage d'une partie du bâtiment. Le volume de déchets est très limité. Ces matériaux sont principalement les éléments en lien avec l'étanchéité à l'air (membrane, tape) mais aussi le vitrage, quelques chutes de bois, et l'isolant détérioré en période de chantier.
- *Les flux «hors circuit»*: ce sont les flux de matériaux entrant dans le BRIC3 sans être entreposés dans le stock. Ce sont des matériaux généralement neufs intégrés en cours de chantier. Par exemple, de la laine de bois neuve, une nouvelle membrane de couverture, de nouvelles solives ont été installées dans le BRIC3.

Les tailles des flux et la taille des bâtiments BRIC sont proportionnelles au volume des matériaux en mouvement. Sur ce même principe, le volume du stockage se réduit car le bâtiment s'agrandit. Le BRIC est une banque de matériaux.

Aucun flux ne sort de BRIC3 car le projet s'achève en 2021. 96,5% des matériaux sont utilisés dans le BRIC3.

#### \_Les limites du métabolisme

Les indications budgétaires couvrent uniquement le coût des matériaux achetés. Le coût de la mise en oeuvre, maintenance, coût du terrain ne sont pas pris en compte. Le coût des matériaux reste très faible et est indicatif. Le projet BRIC est un projet pilote dans un cadre particulier entre Recherche et Formation. La fourniture des matériaux était contractualisée entre les partenaires et l'efp:

- un accord-cadre chez certains fournisseurs garantissent des fournitures à prix préférentiel;
- certains matériaux sont à des prix «fabriquants»;
- ou bien ce sont des dons de fabricants;
- ou certains matériaux proviennent directement de l'efp ( restes de matériaux de section professionnelle, restes de la maintenance technique).

D'autre part, le projet BRIC est actif pendant 4 ans. Les matériaux sont peu utilisés, et ne subissent pas l'usure du bâtiment. Les matériaux sont moins détériorés en comparaison avec un bâtiment utilisé au quotidien.